



Rioleringsputten van beton:

AAN WELKE NORM MOETEN ZE VOLDOEN?

Toegangs- en verbindingssputten worden geproduceerd volgens standaardafmetingen of op maat. In het kader van de CE-markering en het BENOR-merk zijn daarvoor respectievelijk de Europese en Belgische normen van toepassing.

Het toepassingsgebied van de Europese norm NBN EN 1917 uit 2004 heeft betrekking op betonputten met een maximale inwendige maat (DN of LN) van 1250 mm. De NBN EN 1917 bevat voldoende informatie voor de toepassing van de CE-markering, maar als het om de concrete toepassing gaat, vertoont de norm nog enkele leemtes. Zo wordt het begrip sterkteklasse ingevoerd en wordt de beproevingsmethode vastgelegd, maar (standaard)waarden voor de sterkteklasse worden niet opgelegd. Ook op het gebied van duurzaamheid (betondekking, samenstelling, ...), grondstoffen, geometrische kenmerken, standaardisatie van afmetingen en klassen, proefmethodes, enz. bevat de EN 1917 weinig verregaande bepalingen, bij gebrek aan brede Europese consensus. ►

Chambres de visite en béton:

NORME À RESPECTER

Les regards de visite et boîtes de branchement sont fabriqués suivant des dimensions standard ou sur mesure. Dans le cadre du marquage CE et de la marque BENOR, les normes européennes et belges respectives s'appliquent.

Le domaine d'application de la norme européenne NBN EN 1917 de 2004 porte sur les regards/boîtes en béton avec des dimensions intérieures maximales (DN ou LN) de 1250 mm. La norme NBN EN 1917 contient suffisamment d'informations pour l'application du marquage CE, mais en ce qui concerne la mise en œuvre concrète, elle présente encore quelques lacunes. Ainsi, le concept de classe de résistance est introduit et la méthode d'essai est définie, mais les valeurs (standard) pour la classe

de résistance ne sont pas définies. En matière de durabilité (couverture en béton, composition...), matières premières, caractéristiques géométriques, standardisation des dimensions et des classes, méthodes d'essai... la norme EN 1917 contient aussi peu de dispositions poussées, par manque d'un large consensus européen. Par conséquent, la plupart des États membres européens ont publié des compléments nationaux à la norme EN 1917. Nous les parcourons ici.

En Belgique, la norme NBN B 21-101 a ainsi été créée en 2004, à titre de compléments nationaux à la norme NBN EN 1917. La norme NBN B 21-101 énonce les dispositions de la norme NBN EN 1917 qui s'applique également en partie sur les éléments de diamètre intérieur nominal DN ou longueur intérieure nominale LN jusqu'à 3200 mm. Des raisons pratiques, telles que la transportabilité, sont à la base de la fixation des dimensions intérieures maximales de regard/boîte à 3 200 mm. ►

► In de meeste Europese lidstaten werden bijgevolg Nationale Aanvullingen aan de EN 1917 gepubliceerd.

In België werd zo in 2004 de NBN B 21-101, de Nationale Aanvullingen bij de NBN EN 1917, opgemaakt. De NBN B 21-101 stelt de bepalingen van de NBN EN 1917 ook deels van toepassing voor elementen met nominale binnendiameter DN of nominale binnengte LN tot 3200. Praktische redenen zoals transporteerbaarheid liggen aan de basis voor het vastleggen van de grootste inwendige afmetingen van de put op 3200mm.

AANVULLINGEN ROND DE STERKTEKLASSE VAN DE PUTTEN

De NBN EN 1917 definieert enkel het begrip sterkteklasse. Er zijn in de Europese norm echter geen standaardwaarden opgelegd voor de sterkteklasse.

De sterkteklasse is een conventionele wijze om over de mechanische sterkte

van een betonnen schacht- of tussenelement te communiceren, bijvoorbeeld tussen fabrikant en ontwerper. Het betreft de minimale verbrijzelingslast onder de in de norm omschreven verbrijzelingsproef. De sterkteklasse wordt uitgedrukt als een dimensieloos getal, dat overeenkomt met de minimale breuklast in kN per lopende meter per putelement, gedeeld door de nominale maat (DN of LN) in meter.

De ontwerpmethodiek verloopt als volgt: de ontwerper vergelijkt de werkelijke momenten die optreden in een leiding of put met deze die optreden bij beproeving en waaraan het element overeenkomstig zijn sterkteklasse kan weerstaan. Het is aan de ontwerper de juiste keuze te maken van de ontwerpbelastingen en de gepaste veiligheidscoëfficiënten toe te passen. Deze oefening is verre van evident. Om de voorschrijver te helpen, werden in de NBN B21-101



► COMPLÉMENTS EN MATIÈRE DE CLASSE DE RÉSIDENCE DES REGARDS/BOÎTES

La norme NBN EN 1917 définit uniquement le concept de classe de résistance mais elle ne lui impose pas de valeurs standard.

La classe de résistance est une méthode conventionnelle de communication sur la résistance mécanique d'un élément droit bas ou haut, par exemple, entre le fabricant et le concepteur. Elle concerne la charge d'écrasement minimale sous l'essai de résistance à l'écrasement décrit dans la norme. La classe de résistance est exprimée en tant que nombre sans dimension, qui correspond à la charge d'écrasement minimale en kN par mètre courant par élément de regard/boîte, divisée par la dimension nominale (DN ou LN) en mètres.

La méthode de conception s'articule comme suit: le concepteur compare les moments réels qui surviennent dans un conduit ou un regard/une boîte avec ceux qui surviennent lors de l'essai et auxquels l'élément peut résister conformément à sa classe de résistance. Il revient au concepteur de choisir les charges de conception adéquates et d'appliquer les sécurités adaptées. Cet exercice est loin d'être évident. Pour aider le prescripteur, la norme NBN B21-101 définit les classes de résistance pour les situations les plus fréquentes pour les regards/boîtes rond(e)s ou carré(e)s, jusqu'à une profondeur de pose de 5 m.

de sterkteklassen vastgelegd voor de meest voorkomende situaties voor ronde of vierkante putten, tot een aanzetdiepte van 5m.

Doel van de integratie van sterkteklassen in Tabel 1 van de NBN B 21-101 was tot een veilig ontwerp te komen voor alle gevallen die opgenomen zijn in de tabel.

In de aanloop naar de herziening van het SB 250, midden 2014, formuleerden de Vlaamse rioolbeheerders via VLARIO de dringende vraag om de sterkteklassen van de putten volgens tabel 1 van de NBN B 21-101 aan een kritisch onderzoek te onderwerpen.

In de loop van 2015 bestudeerde een werkgroep van experts (academici, voorschrijvers, fabrikanten, keuringsorganismen...) de verschillende aspecten van de tabel. De groep kwam tot een nieuwe tabel, die intussen werd goedgekeurd door de normcommissie. ►

Le but de l'intégration des classes de résistance dans le Tableau 1 de la norme NBN B 21-101 était d'obtenir une conception sûre pour tous les cas indiqués dans le tableau.

Lors de la révision du SB 250, mi-2014, les gestionnaires d'égouts flamands ont exigé via VLARIO (plateforme de concertation et centre d'excellence du secteur de l'égouttage et de l'épuration de l'eau en Flandre) de soumettre les classes de résistance des regards/boîtes du tableau 1 de la norme NBN B 21-101 à un examen critique.

Au cours de l'année 2015, un groupe de travail d'experts (universitaires, prescripteurs, fabricants, organismes de contrôle...) a examiné les différents aspects du tableau. Le groupe a produit un nouveau tableau, qui a entre-temps été approuvé par la Commission des normes. ►

2004
Tabel 1 - Minimum mechanische sterkte van putelementen onderworpen aan belastingsproeven volgens de verkeersklassen (DN of LN ≤ 1250)

Verkeersklasse		1	2
Verkeerszone ¹		Binnen rijweg	Buiten rijweg
Kenmerk	§	Eisen	
Minimum sterkteklasse van tussen- en schachtelementen	4.3.5.1	cirkelvormig: 60 niet-cirkelvormig: 120 ²	cirkelvormig: 30 niet-cirkelvormig: 120 ³
Minimum breuksterkte FV van dek- en reductieplaten en van dekelementen	4.3.6.2	300 kN	150 kN
Minimum scheurlast Fp van dek- en reductieplaten en van dekelementen van gewapend beton	5.2.4.2	120 kN	60 kN

¹ Onder "rijweg" worden de verkeerszones verstaan behorend tot de groepen 3 en 4 van wegomgeving volgens NBN EN 124 : §5

² Deze sterkteklasse geldt voor een inbouwdiepte $D \leq 5,00$ m. Voor grotere inbouwdiepten moet de gekozen sterkteklasse door een nazichtsberekening getoetst worden aan de aangrijpende belastingen (zie Bijlage N).

³ Deze sterkteklasse geldt voor een inbouwdiepte $D = 5,00$ m. Voor kleinere inbouwdiepten mag de vereiste sterkteklasse in verhouding tot de inbouwdiepte in stappen van 10 verminderd worden tot de sterkteklasse 60. Voor grotere inbouwdiepten moet de gekozen sterkteklasse door een nazichtsberekening getoetst worden aan de aangrijpende belastingen (zie Bijlage N)

2016
Tabel 1 - Minimale mechanische sterkte van cirkelvormige en vierkante putelementen die onderworpen zijn aan belastingsproeven (DN of LN ≤ 1250) voor een inbouwdiepte tot 5,00 m

Kenmerk	§	Eisen			
		Materiaal			
		ongewapend beton		gewapend beton ¹ en staalvezelbeton	
		binnendoorsnede		binnendoorsnede	
		cirkelvormig	vierkant zonder afschuiningen ²	cirkelvormig	vierkant zonder afschuiningen ²
Minimumsterkteklasse van tussen- en schachtelementen	4.3.5.1	60	100	50	80
Minimumbreuksterkte FV van dek- en reductieplaten en van dekelementen	4.3.6.2	300 kN			
Minimumscheurlast Fp van dek- en reductieplaten en van dekelementen van gewapend beton	5.2.4.2	120 kN			

¹ Bedoeld wordt: elementen in gewapend beton met een homogene wapening in de zin van 4.3.5.1

² Voor het onderscheid tussen vellingen en afschuiningen zie 4.3.3.1.1

2004
Tableau 1 - Résistance mécanique minimale des éléments de regards et boîtes soumis aux essais de chargement selon les classes de trafic (DN ou LN ≤ 1250)

Classe de trafic		1	2
Zone de trafic ¹		En chaussée	Hors chaussée
Caractéristique	§	Exigences	
Classe de résistance minimale des éléments droits hauts et bas	4.3.5.1	circulaire: 60 non circulaire: 120 ²	circulaire: 30 non circulaire: 120 ³
Résistance minimale à la rupture FV des dalles de couverture et réductrices et des éléments de couronnement	4.3.6.2	300 kN	150 kN
Charge d'essai minimale Fp des dalles de couverture et réductrices et des éléments de couronnement en béton armé	5.2.4.2	120 kN	60 kN

¹ Par "chaussée", on entend en principe les zones de trafic appartenant aux groupes 3 et 4 de l'environnement routier selon la NBN EN 124: §5

² Cette classe de résistance est valable pour une profondeur de pose $D \leq 5,00$ m. Pour des profondeurs de pose plus importantes, la classe de résistance choisie doit être comparée aux charges agissantes par un calcul de vérification (voir Annexe N).

³ Cette classe de résistance est valable pour une profondeur de pose $D = 5,00$ m. Pour des plus petites profondeurs de pose, la classe de résistance requise peut être diminuée par pas de 10 jusqu'à la classe de résistance 60, proportionnellement à la profondeur de pose. Pour des profondeurs de pose supérieures, la classe de résistance choisie doit être comparée aux charges agissantes par un calcul de vérification (voir Annexe N)

2016
Tableau 1 - Résistance mécanique minimale des éléments de regards et boîtes circulaires et carrés soumis aux essais de chargement (DN ou LN ≤ 1250) pour une profondeur de pose jusqu'à 5,00 m

Caractéristique	§	Exigences			
		Matériau			
		béton non armé		béton armé ¹ et béton fibré acier	
		section intérieure		section intérieure	
		circulaire	carrée sans biseau ²	circulaire	carrée sans biseau ²
Classe de résistance minimale des éléments droits bas et hauts	4.3.5.1	60	100	50	80
Résistance à la rupture minimale FV des dalles de couverture et réductrices et des éléments de couronnement	4.3.6.2	300 kN			
Charge d'essai minimale Fp des dalles de couverture et réductrices et des éléments de couronnement en béton armé	5.2.4.2	120 kN			

¹ S'entend: éléments en béton armé ayant une armature homogène au sens du 4.3.5.1

² Pour la distinction entre un chanfrein et un biseau, voir 4.3.3.1.1

► DIT ZIJN DE WIJZIGINGEN DIE WERDEN DOORGEVOERD:

- Er wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen putten binnen en buiten de rijweg. Alle putten moeten nu een aslast kunnen dragen. In de praktijk is het nu al zo dat de meeste ontwerpers enkel nog putten voor de rijweg voorschrijven, zelfs al worden de putten in het voetpad of de wegberm geplaatst. Zo is de veiligheid ook gegarandeerd bij leveringen, garagetoegangen of latere wegverbredingen.

- De sterkteklassen slaan enkel op elementen met een cirkelvormige of een vierkante doorsnede, zonder hoekafschuiningen. Voor andere secties – rechthoekige secties of vierkante doorsneden met hoekafschuiningen – moet de keuze van de sterkteklasse verantwoord worden door berekening;

- Er wordt een onderscheid ingevoerd tussen gewapend beton en staalvezelversterkt beton enerzijds en ongewapend beton anderzijds;

- De sterkteklassen betreffen elementen met 'homogene' doorsnede. Dit impliceert dat het moment dat in het horizontale vlak kan opgenomen worden in de hoeken minstens zo groot is als het moment dat kan opgenomen worden in het veld.

Naast de wijzigingen in de tabel, beslisten de experts ook dat de vermelde sterkteklassen geldig zijn voor putten met een aanzetdiepte tot 5 meter. Dat onder meer om vergissingen op de werf uit te sluiten.

UITGANGSPUNTEN

De uitgangspunten voor het bepalen van de sterkteklasse zijn:

· Wiellast	75,00 kN
· Dynamische coëfficiënt	1,40
· De lastenspreiding in de grond wordt berekend volgens Boussinesq.	
· Volumegewicht grond	21,00 kN/m ³
· Neutrale gronddrukcoëfficiënt	Ka 0,50

acier, d'une part et béton non armé, d'autre part.

- Les classes de résistance concernent des éléments avec une section «homogène». Cela implique que le moment pouvant être supporté dans les angles du plan horizontal est au moins aussi grand que le moment pouvant être supporté en travée.

Outre les modifications dans le tableau, les experts ont également décidé que les classes de résistance indiquées s'appliquaient à des regards/boîtes avec une profondeur de pose jusqu'à 5 mètres. Ceci afin d'éviter notamment les erreurs sur le chantier.

PRINCIPES

Les critères de départ pour le calcul de la classe de résistance sont:

· Charge de roue de	75,00 kN
· Coefficient dynamique de	1,40
· La distribution des charges dans le sol est calculée suivant Boussinesq.	

· Freatisch vlak = maaiveld.

Partiële veiligheidsfactoren op de belasting (cfr EN1991):

· Mobiele belastingen	$\gamma_Q = 1,50$
· Permanente belastingen	$\gamma_G = 1,35$

Partiële veiligheidsfactoren op het materiaal (bijlage C2 van NBN EN 13369 waarbij voorwaarden onder bijlage C1 vervuld zijn, nl. beperkte toleranties op uitvoering en betondruksterkte (<10%)):

Ongewapend beton	$\gamma_M = 1,68$
Gewapend en staalvezelbeton	$\gamma_M = 1,40$

Deze factor γ_M houdt rekening met de onzekerheden van het model wat constructieve weerstand betreft (γ_{RD}) alsook met de onzekerheden op het vlak van materiaaleigenschappen (γ_m).

Voor ongewapende elementen met een cirkelvormige doorsnede verandert er vrijwel niets en wordt de sterkteklasse van 60 behouden. Omdat voor gewapend en staalvezelversterkt beton met een kleinere veiligheid gerekend kan

► LES MODIFICATIONS OPÉRÉES SONT LES SUIVANTES:

- Il n'y a plus de distinction entre les regards/boîtes dans la chaussée et en dehors. Tous les regards/boîtes doivent être en mesure de supporter une charge à l'essieu. Dans la pratique, la plupart des concepteurs ne prescrivent plus que des regards/boîtes pour chaussée, même lorsqu'ils doivent être mis en œuvre dans un chemin piétonnier ou un accotement. La sécurité est ainsi garantie lors des livraisons, en cas d'accès aux garages ou d'élargissements de chaussée ultérieurs.

- Les classes de résistance s'appliquent uniquement à des éléments de section circulaire ou carrée, sans biseaux d'angle. Pour d'autres sections – sections rectangulaires ou sections carrées avec biseaux d'angle – le choix de la classe de résistance doit être justifié par un calcul.

- Le groupe d'experts introduit une distinction entre béton armé et fibré

· Masse volumique des terres	21,00 kN/m ³
· Coefficient de poussée neutre des terres	Ka 0,50
· Nappe phréatique = niveau du sol	

Coefficients de sécurité partiels à la charge (cf. EN1991):

· Charges mobiles	$\gamma_Q = 1,50$
· Charges permanentes	$\gamma_G = 1,35$

Coefficients de sécurité partiels sur le matériau (annexe C2 de la norme NBN EN 13369 dont les conditions sous l'annexe C1 sont remplies, à savoir les tolérances limitées sur l'exécution et la résistance à la compression du béton (<10%))

· Béton non armé	$\gamma_M = 1,68$
· Béton armé et fibré acier	$\gamma_M = 1,40$

Ce facteur γ_M tient compte des incertitudes du modèle qui concernent la résistance constructive (γ_{RD}) ainsi que des incertitudes liées aux caractéristiques des matériaux (γ_m).

Pour les éléments non armés circulaires, il n'y a pratiquement pas de

worden (factor 1,2), volstaat voor de gewapende en vezelversterkte cirkelvormige elementen de klasse 50.

Het momenten- en spanningsverloop in ronde en vierkante putten onder de werkelijk optredende belastingen verschilt fundamenteel. De wanden van ronde putten worden voornamelijk op druk belast, daar waar de wanden van vierkante putten voornamelijk onder buiging worden belast. De mogelijk optredende momenten in de wanden van een vierkante put zijn bijgevolg veel groter dan in een ronde put. Dit verschil in momentenverloop en in de optredende spanningen is de reden waarom



verandering en de klasse van weerstand van 60 wordt behouden. Omdat men kan berekenen met een veiligheidsfactor (1,2) voor het gewapende en staalvezelversterkte beton, is de klasse 50 voldoende voor de gewapende en staalvezelversterkte cirkelvormige elementen.

De verandering van momenten en spanningen in ronde en vierkante putten onder de werkelijk optredende belastingen verschilt fundamenteel. De wanden van ronde putten worden voornamelijk op druk belast, daar waar de wanden van vierkante putten voornamelijk onder buiging worden belast. De mogelijk optredende momenten in de wanden van een vierkante put zijn bijgevolg veel groter dan in een ronde put. Dit verschil in momentenverloop en in de optredende spanningen is de reden waarom

voor ronde putten bij eenzelfde toepassing (aanzetdiepte, verkeerslast) een lagere sterkteklasse kan volstaan dan voor vierkante putten. Concreet zullen bij dezelfde uitgangspunten en zelfde sterkteklasse ronde putten sterker zijn dan vierkante putten. Voor ongewapende, staalvezelversterkte en gewapende vierkante putten wordt op basis van bovenvermelde uitgangspunten een sterkteklasse van respectievelijk 100 en 80 opgelegd.

Het aanbrengen van hoekverstijvingen bij vierkante putten kan een gunstige invloed hebben op de krachtwerving in de putten waardoor de optredende momenten kunnen dalen.

De afschuiningen van de vierkante put moeten zo gekozen worden dat men steeds een cirkel kan inschrijven waarvan de diameter gelijk is aan de grootste horizontale binnenmaat, dit om de toegankelijkheid te verzekeren.

regard/une boîte rond(e). Cette différence dans l'évolution des moments et dans les contraintes en présence est la raison pour laquelle les regards/boîtes rond(e)s peuvent avoir une classe de résistance inférieure aux regards/boîtes carré(e)s pour une même application (profondeur de pose, charge du trafic). Concrètement, à critères de départ et classe de résistance identiques, les regards/boîtes rond(e)s seront plus résistant(e)s que les regards/boîtes carré(e)s. Une classe de résistance respectivement de 100 et 80 est spécifiée pour les regards/boîtes carré(e)s non armé(e)s, fibré(e)s acier et armé(e)s sur la base des critères de départ susmentionnés.

La mise en œuvre de renforts d'angle dans les regards/boîtes carré(e)s peut influencer positivement sur le comportement des forces dans les regards/boîtes carré(e)s de sorte que les moments en présence peuvent diminuer.

Algemeen werd aangenomen dat hoekafschuiningen of - afrondingen pas relevant worden geacht vanaf 30% van de wanddikte van de put. Bij grotere afschuiningen kunnen sterkteklassen van vierkante putten enkel verminderd worden met een veelvoud van 10 (naar boven afgerond) om te voorkomen dat er een veelheid van klassen ontstaat (in navolging van de EN476 – "Algemene eisen voor rioleringsonderdelen"). Verantwoording van lagere klassen voor putten met afschuiningen dient te gebeuren door middel van berekening. In het kader van het BENOR-merk wordt deze berekening uiteraard door het certificatieorganisme geverifieerd.

WANDDIKTE/BODEMDIKTE

Een putelement met een bepaalde sterkteklasse moet ongeacht de wanddikte kunnen weerstaan aan de minimale verbrijzelingslast die overeenkomt met de sterkteklasse.

Les chanfreins du regard/boîte carré(e) doivent être prévus de telle sorte qu'il est toujours possible de les inscrire dans un cercle dont le diamètre est égal à la plus grande dimension horizontale intérieure, ceci afin d'en assurer l'accessibilité.

En règle générale, les experts ont établi que les biseaux d'angle ou les arrondis d'angle ne sont pertinents qu'à partir de 30 % de l'épaisseur de paroi de regard/boîte. Pour les biseaux plus importants, les classes de résistance des regards/boîtes carré(e)s ne peuvent être diminuées qu'avec un multiple de 10 (arrondi au-dessus) afin d'éviter la création d'une multitude de classes (dans la foulée de la norme EN 476 – «Exigences générales pour les composants utilisés pour les branchements et les collecteurs d'assainissement »).

Pour les regards/boîtes avec chanfreins, la justification de classes plus basses doit être effectuée par calcul.

- Er zijn echter nog andere goede redenen om een bepaalde minimale wanddikte te eisen, zoals de weerstand tegen opdrijven, de waterdichtheid, de goede realisatie van de buisaansluitingen in de wand enz.

De mechanische sterkte van de bodem wordt niet afgedekt door de sterkteklasse en moet dus afzonderlijk begroot worden. Dat gebeurt door berekening, tenzij de bodemdikte voldoende groot is, zodat kan aangenomen worden, zonder berekening, dat de bodem aan o.a. grond- en waterdruk weerstaat.

Voor alle putten die voldoen aan de NBN B 21-101 (ook de verbindingsputten < 1000mm) geldt steeds een minimum bodemdikte van 150mm. Voor grote toegangspoten (binnenafmeting DN of LN groter dan 1250mm) moet de mechanische sterkte van bodem en

wanden bepaald worden door berekening conform bijlage N van NBN B 21-101 en bijlage F van TR 21-101

TOT SLOT

Voor putelementen tot DN en LN ≤ 1250 mm moet de mechanische sterkte aangetoond worden door verbrijzelingsproeven (initieel en periodiek).

Voor elementen > 1250mm moet de mechanische sterkte aangetoond worden door sterkteberekeningen.

In de praktijk zou men betonputten project per project kunnen uitrekenen. Enerzijds is het echter niet wenselijk om een situatie te creëren waarbij een verantwoording door berekening noodzakelijk is (tenzij in uitzonderlijke gevallen zoals bv. bij diep gelegen rioleringen, uitzonderlijk zwaar belaste putten,...). Anderzijds impliceren rekennota's ook

een meerkost, maar vooral de nodige expertise van bouwheer, ontwerper en aannemer om deze berekeningen ook goed te interpreteren.

Met tabel 1 van NBN B 21-101 werd gepoogd een veilige oplossing te bieden voor zeer courante situaties en aldus te vermijden dat via ondoordachte berekeningen onveilige oplossingen worden aanvaard. Standaardisatie heeft o.a. als doel problemen op de werven te vermijden. Een verlies aan standaardisatie werkt onvermijdelijk fouten bij de uitvoering in de hand. (LVI) ●

Met dank aan Frederik De Meyer (Coördinator Precast Concrete & Concrete Products bij SECO), Johan Horckmans (directeur bij Probeton), Koen Heyens (hoofd technische cel FEBELCO) en Joris Vermeersch (adviseur van FEBELCO)

- Dans le cadre de la marque BENOR, ce calcul est bien entendu vérifié par l'organisme de certification.

ÉPAISSEUR DES PAROIS/DU FOND

Un élément de regard/boîte d'une classe de résistance donnée doit pouvoir résister, quelle que soit l'épaisseur des parois, à la charge d'écrasement minimale qui correspond à la classe de résistance.

Il existe toutefois d'autres bonnes raisons d'exiger une épaisseur de paroi minimale, comme la résistance à la remontée, l'étanchéité, la bonne réalisation des raccordements de tuyaux dans la paroi etc.

La résistance mécanique du fond n'est pas couverte par la classe de résistance et doit donc être estimée séparément. Cela se fait par un calcul, à moins que l'épaisseur du fond soit suffisamment importante, de sorte que l'on puisse affirmer, sans calcul, que le fond résiste notamment à la pression des terres et des eaux.

Pour tous les regards/boîtes qui répondent aux exigences de la NBN B21-101 (y compris les boîtes de branchement < 1000 mm), une épaisseur de fond minimum de 150 mm s'applique. Pour les grands regards de visite (dimensions intérieures DN ou LN supérieures à 1250 mm), la résistance mécanique du fond et des parois doit être déterminée par calcul conformément à l'annexe N de la norme NBN B 21-101 et l'annexe F du TR 21-101.

EN CONCLUSION

Pour les éléments de regard/boîtes jusqu'à DN et LN ≤ 1250 mm, la résistance mécanique doit au moins être démontrée par des essais d'écrasement (au départ et périodiquement).

Pour les éléments > 1250 mm, la résistance mécanique doit être démontrée par des calculs de résistance.

Dans la pratique, on devrait pouvoir calculer les regards/boîtes par projet. Toutefois, il n'est d'une part pas souhaitable de créer une situation nécessitant

une justification par un calcul (sauf dans des cas exceptionnels, comme les égouts profonds, les regards/boîtes soumis(es) à des charges exceptionnellement lourdes...). D'autre part, les notes de calcul impliquent aussi un surcoût, mais surtout l'expertise nécessaire du maître de l'ouvrage, du concepteur et de l'entrepreneur afin d'interpréter correctement ces calculs.

Le tableau 1 de la norme NBN B21-101 envisage une solution sûre pour les situations très courantes et permet d'éviter ainsi que des solutions dangereuses puissent être acceptées via des calculs irréfléchis. La standardisation a notamment pour but d'éviter les problèmes sur les chantiers. Une perte de standardisation entraînera inévitablement des erreurs d'exécution. (LVI) ●

Avec nos remerciements à Frederik De Meyer (Coordinator Precast Concrete & Concrete Products chez SECO), Johan Horckmans (directeur chez Probeton), Koen Heyens (chef de la cellule technique de FEBELCO) et Joris Vermeersch (conseiller de FEBELCO)

REKENNOTA
Voorafgaande nota

Volgens NBN B21-101 wordt de sterkteklasse van de basiselementen met DN of LN ≤ 1250 bepaald op basis van de proeven op de schachtelementen (volgens het principe van afgeleide proeven). Om als gelijkwaardig beschouwd te worden, moeten de basiselementen voldoen aan art. 4.3.5.3 van NBN B21-101.

Ronde putten
1. Krachtwerking in de grond

- Symbolen (ronde putten)

· Nominale diameter	DN
· Nominale straal	r
· Wanddikte	t
- P_{dmax} worden berekend op basis van de uitgangspunten vermeld in het artikel.
- Voor de reële krachtswerking op het element wordt – rekening houdend met een niet ideale en/of gelijkmatige verdichting – volgend krachtenschema aangehouden:
 - Aan de ene kant wordt aangenomen dat de maximale krachten (P_{dmax}) horizontaal aangrijpen onder een hoek van 60° .
 - Aan de tegenoverliggende zijde wordt verondersteld dat de reactie radiaal aangrijpt over een hoek van 90° [FIG. 1].

Onder deze omstandigheden geeft dit als maximaal inwerkend moment:

$$M_{dmax} = 0,197 \cdot P_{dmax} \cdot r^2$$

(met $r = DN/2$)

2. Omrekening naar de proeflast en sterkteklasse

Horizontale proefopstelling volgens NBN-EN 1917 Bijlage A - A.4.2 [FIG. 2]

Het maximaal moment bij beproeving bevindt zich onder de puntlast. Rekening houdend met de partiële veiligheidsfactoren volgt als maximaal moment:

$$M_{dmax} \cdot \gamma_M = 0,295 \cdot F_u \cdot r$$

(met F_u : breuklast)

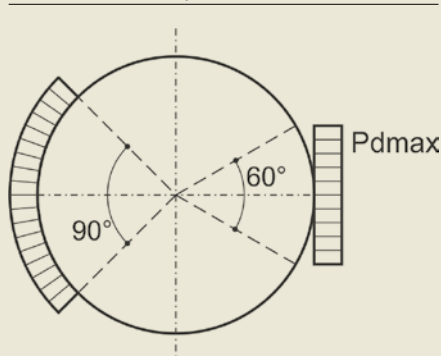
Vandaar

$$F_u = M_{dmax} \cdot \gamma_M / 0,295 \cdot r$$

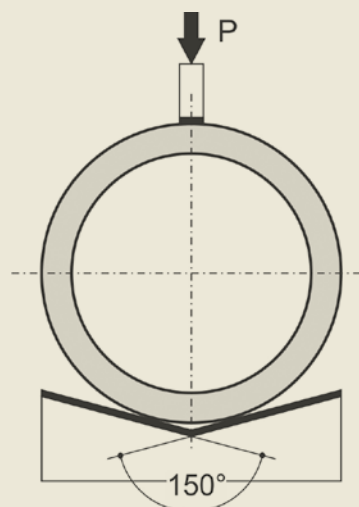
In NBN-EN 1917 is de overeenkomstige sterkteklasse gedefinieerd als F_u / DN .

Vereiste sterkteklasse $\geq F_u / DN$

FIGUUR | ILLUSTRATION 1



FIGUUR | ILLUSTRATION 2


NOTE DE CALCUL
Note préalable

Selon la norme NBN B21-101, la classe de résistance des éléments de fond avec DN ou LN ≤ 1250 est déterminée sur la base des essais sur les éléments droits hauts. (Suivant le principe des essais dérivés). Pour être considérés comme similaires, les éléments de base doivent être conformes à l'art. 4.3.5.3 de la norme NBN B 21-101.

Regards/boîtes rond(e)s
1. Exercice des forces dans le sol

- Symboles (regards/boîtes rond(e)s)

· Diamètre nominal	DN
· Rayon nominal	r
· Épaisseur de paroi	t
- Les P_{dmax} sont calculées sur la base des critères de départ.
- Pour l'exercice des forces réelles sur l'élément – en tenant compte d'un compactage non idéal et/ou uniforme – le schéma des forces suivant a été retenu.
 - D'un côté, on s'accorde à dire que les forces maximales (P_{dmax}) s'exercent horizontalement sous un angle de 60° .
 - Du côté opposé, on peut supposer que la réaction s'exerce de manière radiale sous un angle de 90° [ILL. 1].

Dans ces conditions, on obtient un moment actif maximum de :

$$M_{dmax} = 0,197 \cdot P_{dmax} \cdot r^2$$

(où $r = DN/2$)

2. Calcul de la charge d'essai et de la classe de résistance

Banc d'essai horizontal selon la norme NBN-EN 1917 Annexe A - A.4.2 [ILL. 2]

Le moment maximal lors de l'essai se situe sous la charge ponctuelle.

En tenant compte des facteurs de sécurité partiels, le moment maximal est le suivant :

$$M_{dmax} \cdot \gamma_M = 0,295 \cdot F_u \cdot r$$

(où F_u : charge de rupture)

D'où

$$F_u = M_{dmax} \cdot \gamma_M / 0,295 \cdot r$$

Dans la norme NBN-EN 1917, la classe de résistance correspondante est définie comme F_u / DN .

Classe de résistance requise $\geq F_u / DN$

► Vierkante putten

1. Krachtwerking in de grond

- Symbolen vierkante putten
 - Nominale maat LN
 - Wanddikte t
 - Hoekafschuining b
- P_{dmax} worden berekend op basis van de uitgangspunten vermeld in het artikel.
- Voor de reële krachtwerking op de wanden wordt verondersteld dat P_{dmax} aangrijpt op de vier wanden van de put.
- De wanden worden beschouwd als tweezijdig ingeklemde platen.

Vierkante putten zonder hoekafschuining [FIG. 3]

Het maximum moment grijpt aan in de hoeken

Met $L1 = LN + t$

$$M_{dmax} = 1/12 \cdot P_{dmax} \cdot L1^2$$

OPMERKING : Vierkante putten met hoekafschuining kunnen een positief effect hebben bij het berekenen van de sterkteklasse. Dit kan benaderd worden door een equivalente overspanning te berekenen op basis van de reële krachtwerking. Deze vereenvoudiging en correctheid ervan zal echter geval per geval moeten berekend worden in het kader van de certificatie van de gebruikselementen. In ieder geval mag de sterkteklasse van vierkante putten niet kleiner zijn dan de sterkteklasse van ronde putten.

2. Omrekening naar de proeflast en sterkteklasse

Horizontale proefopstelling volgens NBN-EN 1917 Annex A - A.4.2 [FIG. 4]

Het maximaal moment bij beproeving treedt op in het midden van de bovenwand. Rekening houdend met de partiële veiligheidsfactoren volgt als maximaal moment:

$$M_{dmax} \cdot \gamma_M = 0,172 \cdot F_u \cdot L1 \quad (\text{met } F_u : \text{breuklast})$$

Vandaar

$$F_u = M_{dmax} \cdot \gamma_M / 0,172 \cdot L1$$

In NBN-EN 1917 is de sterkteklasse gedefinieerd als F_u / LN .

Vereiste sterkteklasse $\geq F_u / LN$

(JV)

► Regards/boîtes carré(e)s

1. Exercice des forces dans le sol

- Symboles (regards/boîtes carré(e)s)
 - Dimension nominale LN
 - Épaisseur de paroi t
 - Biseau d'angle b

- Les P_{dmax} sont calculées sur la base des critères de départ.
- Pour l'exercice des forces réelles sur les parois, on suppose que les P_{dmax} agissent sur les quatre parois du regard/de la boîte.
- Les parois sont considérées comme des plaques encastrées sur les deux côtés.

Regards/boîtes carré(e)s sans biseau d'angle [ILL. 3]

Le moment maximum se produit dans les coins

Avec $L1 = LN + t$

$$M_{dmax} = 1/12 \cdot P_{dmax} \cdot L1^2$$

REMARQUE : Les regards/boîtes carré(e)s avec biseau d'angle peuvent exercer un effet positif sur le calcul de la classe de résistance. On pourrait aborder ce point en calculant une travée équivalente sur la base de l'exercice des forces réelles. Cette simplification et l'exactitude devront toutefois être calculées au cas par cas dans le cadre de la certification des éléments utilisés.

2. Conversion en charge d'essai et classe de résistance

Disposition horizontale de l'essai selon la NBN-EN 1917 Annexe A - A.4.2 [ILL. 4]

Au cours de l'essai, le moment maximum apparaît au milieu de la paroi supérieure.

Compte tenu des coefficients partiels de sécurité le moment maximum est le suivant :

$$M_{dmax} \cdot \gamma_M = 0,172 \cdot F_u \cdot L1 \quad (\text{avec } F_u : \text{charge de rupture})$$

D'où il ressort:

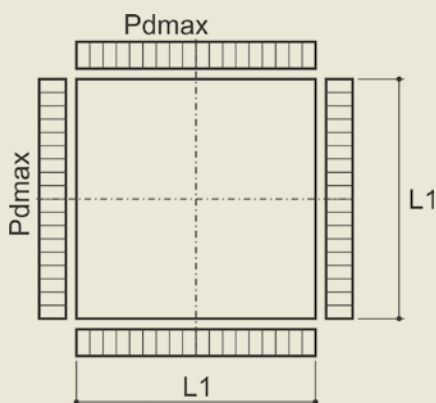
$$F_u = M_{dmax} \cdot \gamma_M / 0,172 \cdot L1$$

Dans la NBN-EN 1917 la classe de résistance est définie comme F_u / LN .

Classe de résistance exigée $\geq F_u / LN$

(JV)

FIGUUR | ILLUSTRATION 3



FIGUUR | ILLUSTRATION 4

